



⑬ BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT

⑫ Patentschrift
⑩ DE 197 40 428 C 2

- ⑰ Aktenzeichen: 197 40 428.6-33
⑱ Anmeldetag: 10. 9. 1997
⑲ Offenlegungstag: 18. 3. 1999
⑳ Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: 8. 3. 2001

⑤ Int. Cl. 7:
H 01 F 5/02
H 01 F 41/04
H 01 F 38/28
G 01 R 15/18
H 01 R 43/02

DE 197 40 428 C 2

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

⑦ Patentinhaber:
Siemens AG, 80333 München, DE

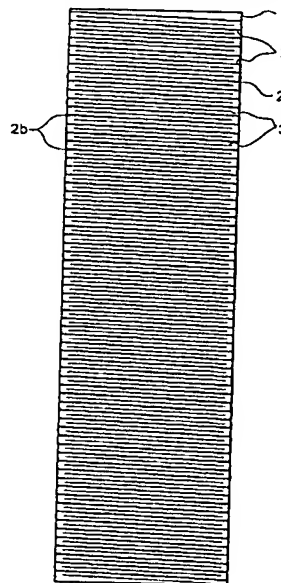
⑧ Erfinder:
Hochgraef, Holger, Dipl.-Ing., 16845 Ganzer, DE;
Baumgärtl, Ulrich, 13599 Berlin, DE; Röhl,
Wolfgang, Dipl.-Ing., 13503 Berlin, DE

⑥ Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht
gezogene Druckschriften:

DE 195 05 812 C2
DE 195 27 123 A1
DE 44 24 368 A1
DE 44 24 368 A1
DE 42 29 678 A1
DE 39 26 928 A1
DE 36 26 328 A1
DE-OS 24 32 919
DE-OS 17 91 011
DE 84 27 754 U1
EP 07 10 844 A2
EP 05 10 311 A2

④ Ringförmige Spule mit kreisförmigem Windungsquerschnitt und Verfahren zu ihrer Herstellung

⑤ Ringförmige Spule mit kreisförmigem Windungsquerschnitt, vorzugsweise als Stromerfassungsspule für einen Stromwandler, insbesondere nach dem Rogowski-Prinzip arbeitenden Stromwandler, dadurch gekennzeichnet, daß auf einer flexiblen Leiterplatte (1) Leiterbahnen (2) in Form einer Abwicklung der Spulenwindungen angeordnet sind und zwischen den Leiterbahnen (2), parallel zu diesen, Durchbrüche (3) vorgesehen sind, die sich über den wesentlichen Teil der Leiterplatte (1), aber nicht bis zu deren Rändern erstrecken, daß diese Leiterplatte (1) zu einem Zylinder gerollt und die Leiterbahnen (2) an ihren Stoßstellen (4) elektrisch derart verbunden sind, daß kreisförmige Windungen gebildet sind, und die so entstandene Zylinderspule (5) zu einer Ringspule (6) gebogen ist.



DE 197 40 428 C 2

Die vorliegende Erfindung betrifft eine ringförmige Spule mit kreisförmigem Windungsquerschnitt, die vorzugsweise als Stromerfassungsspule für einen insbesondere nach dem Rogowski-Prinzip arbeitenden Stromwandler Anwendung finden kann und ein Verfahren zu ihrer Herstellung.

Die Abhängigkeit des Übertragungsverhaltens von Rogowski-Stromerfassungsspulen von geringen Abweichungen ihrer geometrischen Beschaffenheit gegenüber der Idealform ist allgemein bekannt. Aus diesem Grund weisen Stromerfassungsspulen, wie sie zum Beispiel in der GB-Zeitschrift EPE-Journal, Vol. 3, Nr. 1, March 1993 Seiten 51 bis 59 beschrieben sind, bei denen einfache feste Toroiden, biegsame und auf geschnittene Spulenkörper oder kreisförmige aufgeschnittene Kunststoffringe mit rechteckigem Querschnitt, verwendet werden, die sich zur Anbringung an einem Leiter aufbiegen lassen und dann in die Ringform zurückkehren, zwar ein gutes Übertragungsverhalten auf, es ergibt sich jedoch bei der serienmäßigen Herstellung die Schwierigkeit, daß praktisch jedes hergestellte Exemplar andere Übertragungseigenschaften aufweist und daher individuelle Justierungen erforderlich sind und elektronische Korrekturschaltungen eingesetzt werden müssen, um zu gleichmäßigen Ergebnissen zu gelangen.

Das hat unter anderem zu dem Vorschlag geführt, als Wicklungsträger gerade geschliffene Keramikstäbe zu benutzen (DE-Zeitschrift "Technische Mitteilungen AEG-Telefunken" 60 (1970) 7, Seiten 444 bis 448). Da eine Stromerfassungsspule nach dem Rogowski-Prinzip aber einen Leiter auf einer geschlossenen Bahn umgeben muß, erfordert die Verwendung gerader Keramikstäbe die Zusammensetzung einer geschlossenen Stromerfassungsspule aus vier Teilsulen. Dabei entstehen erhebliche Störungen im Feldverlauf durch das rechtwinkelige Ancinanderstoßen der Teilstücke. Um diesen Einfluß zu beheben, werden die Stoßstellen durch eine Abschirmung feldfrei gemacht. Die gewünschte Präzision des Rogowski-Stromwandlers dieser Art muß daher mit einem beträchtlichen Aufwand für die Fertigung der Stromerfassungsspule erkauft werden.

Aus der DE-OS 17 91 011 ist es bekannt, als Wicklungsträger zur Aufnahme der Rogowski-Spule einen flexiblen und hohlen Spulenkörper vorzusehen. Auf dem Spulenkörper ist die Meßspule aufgebracht, deren beide Drahtenden an dem einen Spuleneinde zusammengeführt sind, indem die Rückführung des einen freien Drahtendes in der Achse des Spulenkörpers erfolgt.

Das Wickeln derartiger Spulen bedingt spezielle Rundwickelmaschinen, für die darüber hinaus zusätzliche Aufwendungen notwendig sind, um die Drahtführungen in den Achsen der Spulenkörper einzubringen.

Zur Vereinfachung der Spulenwickelvorgänge für derartige Stromwandler ist gemäß der DE-OS 24 32 919 bereits vorgesehen, die Wicklungen voneinander zu trennen und diese auf einen sogenannten Meßrahmen aufzubringen. Die Meßrahmen weisen hier in Teilbereichen geradlinige Strukturen auf, wobei die geradlinigen Teile direkt als Spulenkörper dienen und die Wicklungsenden entsprechend funktionsgerecht miteinander verbunden sind. Die Meßrahmen selbst sind rechteckig oder quadratisch ausgebildet. Der Wickelvorgang für die auf die geradlinigen Teile aufzubringenden Spulen ist unproblematisch mit normalen Wickelmaschinen durchzuführen, allerdings müssen für die einzelnen Wickelkörper zusätzliche Befestigungselemente in der Weise vorgesehen werden, daß sich die zur Strommessung notwendigen geradlinigen Teile zu einem Rahmen zusammenfügen lassen.

Aus der EP 0 510 311 A2 ist ein kombinierter Strom- und

Spannungswandler für eine metallgekapselte gasisolierte Hochspannungsanlage bekannt. Der Stromwandler arbeitet nach dem Prinzip der Rogowski-Spule. Die dort verwendete Spule ist aus gewickelten Drähten hergestellt und weist daher alle herstellungsbedingten Nachteile einer gewickelten Spule auf. Dies betrifft insbesondere Ungenauigkeiten beim Wickeln. Die DE-OS 42 29 678 beschreibt ein Verfahren zur Herstellung einer Spule nach dem Rogowski-Prinzip, bei dem der Wicklungsträger einen Hohlkörper darstellt, der mittels einer Verformeinrichtung annähernd ringförmig vorgeformt ist und der annähernd ringförmig vorgeformte Hohlkörper zum Aufbringen der Wicklung auf einen geradlinig ausgebildeten Wickeldorn aufschiebbar ist. Nach dem Abziehen vom Wickeldorn nimmt der Wicklungsträger durch die von der Verformeinrichtung bewirkte Vorspannung wieder die Gestalt des annähernd ringförmigen Hohlkörpers an. Mit der Verwendung eines ringförmig vorgeformten Hohlkörpers als Wicklungsträger, der auf einen geradlinigen Wickeldorn aufgeschoben und mit einer Drahtspule versehen werden kann, können zwar die üblichen Wickelmaschinen zum Aufbringen der Meßspule auf den Wicklungsträger verwendet werden, aber die Bedingungen für einen zuverlässigen Betrieb können durch diese Anordnung auch nicht unbedingt erfüllt werden.

Die DE-OS 44 24 368 beschreibt ein Verfahren zur Herstellung einer Strommeßanordnung mit einer Rogowski-Spule, bei dem zumindest auf einem Teilstück eines ringförmigen Wicklungsträgers eine elektrisch leitende Schicht aufgebracht wird und die leitende Schicht unter Bildung einer Spule wendelartig unterbrochen wird. Das Unterbrechen der elektrisch leitenden Schicht kann dabei durch Fräsen, Schneiden, Ätzen oder mit Hilfe eines Laserstrahls erfolgen. Dieses dort angegebene Herstellungsverfahren ist aber insgesamt sehr aufwendig.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine kostensparende ringförmige Spule vorzugsweise nach dem Rogowski-Prinzip für eine Strommeßanordnung zu schaffen, und ein zugehöriges Verfahren zu ihrer Herstellung anzugeben.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß, insbesondere für Spulen mit kleiner Windungszahl, dadurch gelöst, daß eine flexible Leiterplatte, auf der Leiterbahnen in Form einer Abwicklung der Spulenwindungen angeordnet sind, und zwischen den Leiterbahnen, parallel zu diesen, Durchbrüche vorgesehen sind, die sich über den wesentlichen Teil der Leiterplatte, aber nicht bis zu deren Rändern erstrecken, um ihre längere Achse zu einem Zylinder gerollt ist, die Leiterbahnen an den Stoßstellen elektrisch derart verbunden sind, daß kreisförmige Windungen gebildet sind, und die so entstandene Zylinderspule zu einer Ringspule gebogen ist.

Das Verfahren zur Herstellung der Spule ist im Prinzip durch folgende Schritte gekennzeichnet:

1. Aufbringen elektrisch leitfähiger Leiterbahnen in Form einer Abwicklung von Spulenwindungen auf einer flexiblen Leiterplatte, derart, daß sich nach dem Zusammenrollen der flexiblen Leiterplatte um ihre längere Achse eine Zylinderspule ergibt, indem jeweils ein Ende der vorhergehenden Leiterbahn mit dem anderen Ende der nachfolgenden Leiterbahn verbindbar ist.
2. Anbringen von Durchbrüchen zwischen den Leiterbahnen und parallel zu diesen, derart, daß diese Durchbrüche sich über den wesentlichen Teil der Leiterplatte erstrecken, aber nicht bis zu deren Rändern geführt sind.
3. Rollen der flexiblen Leiterplatte um ihre längere Achse zu einem Zylinder.

4. Verbinden der einzelnen Leiterbahnen an den Stoßstellen, zum Herstellen einer geschlossenen Zylinderspule.
5. Biegen der Zylinderspule zu einer Ringspule.

Die Durchbrüche in der Leiterplatte können vorteilhaft durch Fräsen, Schneiden, Sägen, Stanzen oder mittels eines Laserstrahls hergestellt werden.

Die elektrische Verbindung der Leiterbahnen an ihren Stoßstellen wird vorzugsweise mittels Tauchlötung durchgeführt, sie kann aber auch mittels E-Strahl-Schweißung erfolgen.

Die Erfindung wird im folgenden anhand eines in den Figuren dargestellten bevorzugten Ausführungsbeispiels näher erläutert.

Die Fig. 1 zeigt schematisch die Grundform der erfindungsgemäßen Spule in Form einer Leiterplatte.

Die Fig. 2 zeigt einen Teil der um ihre längere Achse zu einer Zylinderspule gerollten Leiterplatte.

Die Fig. 3 zeigt schematisch die erfindungsgemäße Ringspule in ihrer endgültigen Form.

In der Fig. 1 ist die erfindungsgemäße Spule in ihrer Grundform dargestellt. Auf einer flexiblen Leiterplatte 1 sind Leiterbahnen 2 in Form einer Abwicklung der Spulenwindungen angeordnet und zwischen den Leiterbahnen 2, parallel zu diesen, sind Durchbrüche 3 vorgesehen, die sich über den wesentlichen Teil der Leiterplatte 1, aber nicht bis zu deren Rändern erstrecken.

In der Fig. 2 ist diese Leiterplatte 1 in einem weiteren Schritt ihrer Herstellung gemäß der Erfindung um ihre längere Achse zu einem Zylinder gerollt und die Leiterbahnen 2 sind an den Stoßstellen 4 elektrisch derart verbunden, daß kreisförmige Windungen in Form einer Zylinderspule gebildet sind.

In der Fig. 3 ist die ringförmige Spule in ihrem Endzustand gezeigt, in welchem die Zylinderspule 5 zu einer Ringspule 6 gebogen ist.

Das Verfahren zur Herstellung der Spule beinhaltet in einer bevorzugten Ausführung der Erfindung folgende Schritte:

1. Aufbringen elektrisch leitfähiger Leiterbahnen 2 in Form einer Abwicklung von Spulenwindungen auf einer flexiblen Leiterplatte 1, derart, daß sich nach dem Zusammenrollen der flexiblen Leiterplatte 1 eine Zylinderspule 5 ergibt, indem jeweils ein Ende 2a der vorhergehenden Leiterbahn mit dem Ende 2b der nachfolgenden Leiterbahn verbindbar ist.
2. Anbringen von Durchbrüchen 3 zwischen den Leiterbahnen 2 und parallel zu diesen, derart, daß diese Durchbrüche sich über den wesentlichen Teil der Leiterplatte erstrecken, aber nicht bis zu deren Rändern geführt sind.
3. Rollen der flexiblen Leiterplatte 1 zu einem Zylinder um die längere Achse der Leiterplatte 1.
4. Verbinden der einzelnen Leiterbahnenenden 2a und 2b an den Stoßstellen 4, zum Beispiel durch Durchlaufen eines Lötbades, zum Herstellen einer geschlossenen Zylinderspule 5.
5. Biegen der Zylinderspule 5 zu einer Ringspule 6, wobei aufgrund der vorgesehenen Durchbrüche 3 ein sternförmiges Gebilde entsteht und sich die Spulenwindungen dann auf den "Strahlen des Sterns" befinden.

Die Vorteile der erfindungsgemäßen Ringspule bestehen in den geringen Abweichungen von der Idealform und damit verbundener minimaler Streuung ihrer Eigenschaften, da auch Ungenauigkeiten beim Wickeln vermieden werden.

Darüber hinaus ist kein aufwendiger Wickelvorgang mit unter Umständen komplizierten Maschinen nötig.

Patentansprüche

1. Ringförmige Spule mit kreisförmigem Windungsquerschnitt, vorzugsweise als Stromerfassungsspule für einen Stromwandler, insbesondere nach dem Rogowski-Prinzip arbeitenden Stromwandler, **dadurch gekennzeichnet**, daß auf einer flexiblen Leiterplatte (1) Leiterbahnen (2) in Form einer Abwicklung der Spulenwindungen angeordnet sind und zwischen den Leiterbahnen (2), parallel zu diesen, Durchbrüche (3) vorgesehen sind, die sich über den wesentlichen Teil der Leiterplatte (1), aber nicht bis zu deren Rändern erstrecken, daß diese Leiterplatte (1) zu einem Zylinder gerollt und die Leiterbahnen (2) an ihren Stoßstellen (4) elektrisch derart verbunden sind, daß kreisförmige Windungen gebildet sind, und die so entstandene Zylinderspule (5) zu einer Ringspule (6) gebogen ist.

2. Verfahren zur Herstellung einer ringförmigen Spule mit kreisförmigem Windungsquerschnitt nach Anspruch 1, gekennzeichnet durch folgende Schritte:

- a) Aufbringen elektrisch leitfähiger Leiterbahnen (2) in Form einer Abwicklung von Spulenwindungen auf einer flexiblen Leiterplatte (1), derart, daß sich nach dem Zusammenrollen der flexiblen Leiterplatte (1) eine Zylinderspule (5) ergibt, indem jeweils ein Ende (2a) der vorhergehenden Leiterbahn mit dem anderen Ende (2b) der nachfolgenden Leiterbahn verbindbar ist;
- b) Anbringen von Durchbrüchen (3) zwischen den Leiterbahnen (2) und parallel zu diesen, derart, daß diese Durchbrüche (3) sich über den wesentlichen Teil der Leiterplatte (1) erstrecken, aber nicht bis zu deren Rändern geführt sind;
- c) Rollen der flexiblen Leiterplatte (1) zu einem Zylinder um die längere Achse der Leiterplatte (1);
- d) Verbinden der einzelnen Leiterbahnenenden (2a) und (2b) an den Stoßstellen (4), zum Herstellen einer geschlossenen Zylinderspule (5);
- e) Biegen der Zylinderspule (5) zu einer Ringspule (6).

3. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Durchbrüche (3) in der Leiterplatte (1) mechanisch spanbildend durch Fräsen, Schneiden, Sägen, oder Stanzen hergestellt werden.

4. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Durchbrüche (3) in der Leiterplatte (1) spanlos mittels eines Laserstrahls hergestellt werden.

5. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die elektrische Verbindung der Leiterbahnen (2) an ihren Stoßstellen (4) mittels Tauchlötung durchgeführt wird.

6. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die elektrische Verbindung der Leiterbahnen (2) an ihren Stoßstellen (4) mittels E-Strahl-Schweißung erfolgt.

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

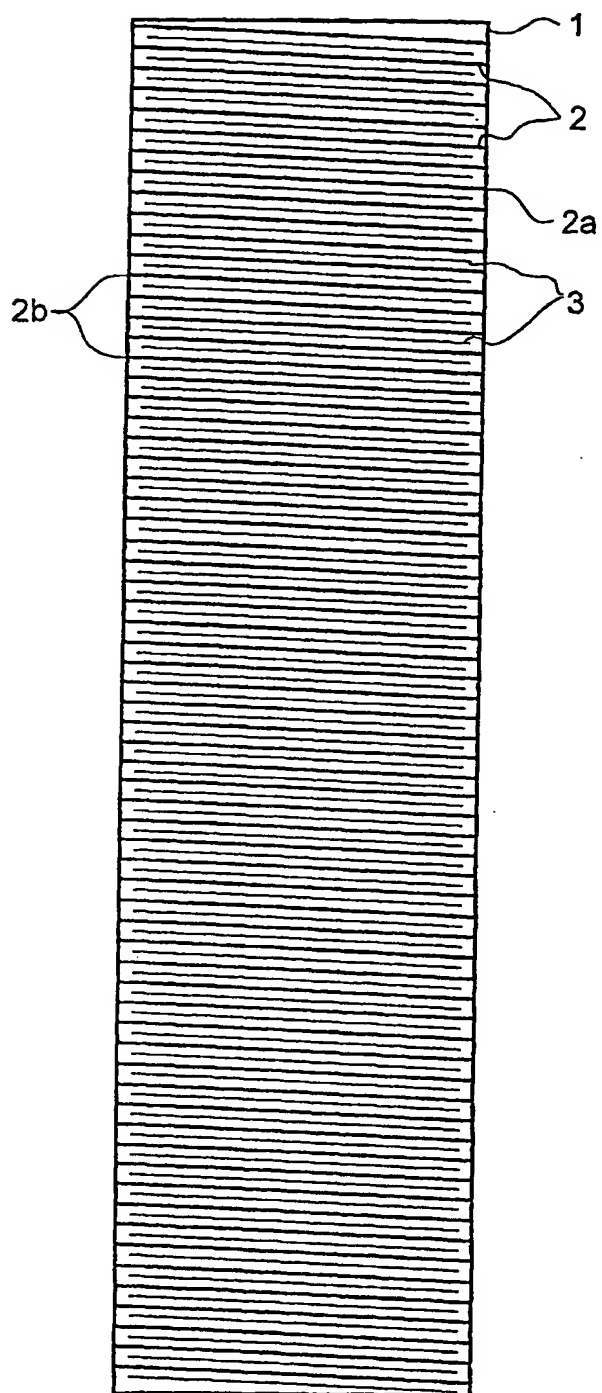


FIG 1

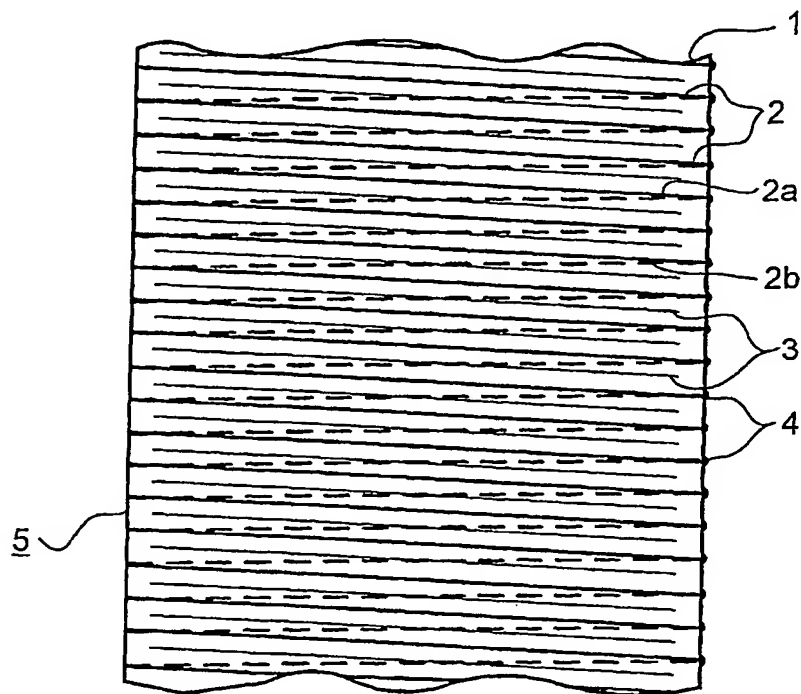


FIG 2

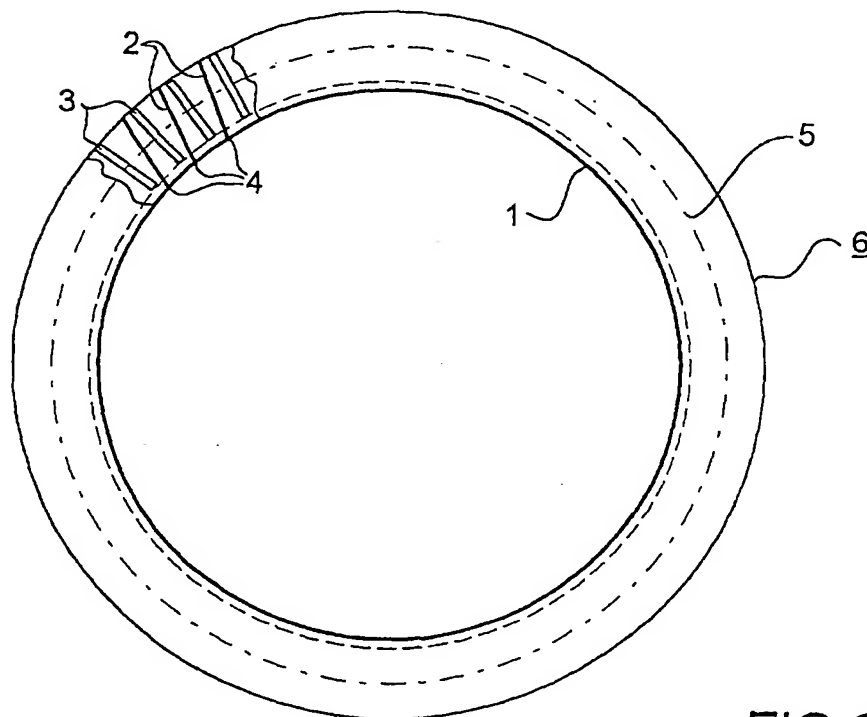


FIG 3